

# APPLICATION UNDER UNITED STATES PATENT LAWS

Atty. Dkt. No. PW 281483  
(M#)

Invention: DATA TRANSMISSION METHOD AND SYSTEM

Inventor (s): PIIRAINEN, Olli

Pillsbury Winthrop LLP  
Intellectual Property Group  
1600 Tysons Boulevard

McLean, VA 22102  
Attorneys  
Telephone: (703) 905-2000

This is a:

- Provisional Application
- Regular Utility Application
- Continuing Application
  - The contents of the parent are incorporated by reference
- PCT National Phase Application
- Design Application
- Reissue Application
- Plant Application
- Substitute Specification
  - Sub. Spec Filed \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
in App. No. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
- Marked up Specification re  
Sub. Spec. filed \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
In App. No. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## SPECIFICATION

## Tiedonsiirtomenetelmä ja -järjestelmä

### Keksinnön ala

Keksinnön kohteena on tiedonsiirto kahden lähetinvastaanottimen välillä. Erityisesti eksintö kohdistuu ratkaisuun, jossa ainakin toisessa 5 lähetinvastaanottimessa, joissa käytetään useampaa kuin yhtä antennia signaalien lähetyksessä ja vastaanotossa.

### Keksinnön tausta

Puhelinjärjestelmiä käytetään nykyisin lukuisten muidenkin palvelujen toteuttamiseen kuin tavallisten puhelujen välitykseen. Uusia 10 palvelukonsepteja kehitetään jatkuvasti. Varsinkin radiopuhelinjärjestelmiin on kehitetty monia erilaisia palveluja. Nämä palvelut ovat käyttäjien suosiossa, koska matkapuhelin on useimmiten käyttäjillä aina mukana ja täten palvelutkin 20 aina saatavilla.

Erilaiset palvelut tarvitsevat erilaista siirtokapasiteettia 15 radioyhteydeltä. Langattomien tiedonsiirtojärjestelmien merkittävä tutkimuskohde onkin radioyhteyden ylitse saavutettavan tiedonsiirto- 25 kapasiteetin kasvattaminen. Nykyisten radiojärjestelmien suorituskyvyn parantamiseksi ja uusien järjestelmien kapasiteetin saamiseksi mahdollisimman suureksi on kehitetty erilaisia menetelmiä, joilla kullakin on omat 20 haittansa ja etunsa.

Eräs ilmeinen vaihtoehto datanopeuden kasvattamiseksi on käyttää korkeamman asteen modulaatiomenetelmää. Näillä on kuitenkin se haittakuoli, että ne vaativat toimiakseen kunnolla hyvää signaalikohinasuhdetta. Toiseksi, etenkin TDMA-järjestelmissä, niiden vaatima 25 ekvalisaattori on tulee rakenteeltaan monimutkaiseksi. Tukiasemien ja päätelaitteiden radiotaajuusosat generoivat tyypillisesti joitain epälinearisuuksia signaaliin, johon generoituu myös häiriötä, joten riittävän hyvän signaalikohinasuhteen saavuttaminen on vaikeata.

Eräs toinen vaihtoehto on käyttää diversiteettiä signaalin siirron 30 yhteydessä. Diversiteetin avulla voidaan parantaa vastaanottimessa vastaanotetun signaalin signaalikohinasuhdetta, ja täten parantaa keskimääräistä datanopeutta. Eräs tunnettu lähetysdiversiteetimenetelmä on viivediversiteetti (delay diversity), jossa signaali lähetetään kahteen kertaan, joista jälkimmäinen on viivästetty. Tämä on kuitenkin selkeästi alioptimaalinen 35 ratkaisu.

Parempi menetelmä diversiteetin aikaansaamiseksi on käyttää tila-aikalohkokoodausta (space-time block code, STBC), jossa saavutetaan täysi diversiteettihyöty. Tila-aikalohkokoodausta on esiteltty esimerkiksi julkaisussa Tarokh, V., Jafarkhani, H., Calderbank, A.R.: Space-Time Block Codes from 5 Orthogonal Designs, IEEE Transactions on information theory, Vol. 45 pp. 1456-1467, July 1999, sekä patentijulkaisussa WO 99/14871, joka otetaan tähän viitteeksi.

Mainitussa patentijulkaisussa on esitetty diversiteettimenetelmä, jossa kodataan lähetettävät biteistä koostuvat symbolit annetun mittaisissa 10 lohkoissa, ja jossa kunkin lohkon kodataan annetuksi määräksi kanavasymboleja lähetettäväksi kahden antennin kautta. Kunkin antennin kautta lähetetään eri signaalia. Esimerkiksi kun koodattavat symbolit jaetaan kahden symbolin mittaisiin lohkoihin, muodostetaan lähetettävät kanavasymbolit siten, että ensimmäisen antennin kautta lähetettävät 15 kanavasymbolit muodostuvat ensimmäisestä symbolista ja toisen symbolin kompleksikonjugaatista, ja toisen antennin kautta lähetettävät kanavasymbolit muodostuvat toisesta symbolista ja ensimmäisen symbolin kompleksikonjugaatista.

STBC-menetelmä toimii hyvin silloin kun vastaanottopäässä on vain 20 yksi antenni. Jos sekä lähetys- että vastaanottopäässä on useita antennuja, STBC on alioptimaalinen. Tästä mainittakoon viitteenä S. Sandhu, A. Paulraj: "Space Time Block Codes: A Capacity Perspective", IEEE Communications letters, Vol 4, No. 12, December 2000, joka otetaan tähän viitteeksi.

Vielä eräs tunnettu menetelmä on käyttää sekä lähetysessä että 25 vastaanotossa useaa antennia tai antenniryhmää. Tätä kutsutaan MIMO-menetelmäksi (Multiple Input Multiple Output). MIMO-menetelmällä on arvioitu saavutettavan parempia tuloksia kuin aiemmin esitetyillä menetelmillä. MIMO:a on kuvattu tarkemmin julkaisussa G. J. Foschini, "Layered Space-Time Architecture for Wireless Communication in a Fading Environment When 30 using Multi-Element Antennas", Bell Labs Technical Journal, Autumn 1996, joka otetaan tähän viitteeksi. MIMO:lla voidaan saavuttaa hyvä suorituskyky, mutta tämä edellyttää, että myös radiojärjestelmän päätelaite käsittää vähintään kaksi antennia. Toinen epäkohta on se, että MIMO toimii hyvin vain, jos eri antennien kautta lähetetyt ja vastaanotetut signaalit kulkevat erilaisen 35 kanavan kautta. Kanavien tulee siis olla melko korreloimattomia keskenään. Jos kanavat korreloivat, niin tällöin MIMO:sta saatava hyöty on hyvin vähäinen.

## Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten toteuttaa menetelmä ja menetelmän toteuttava laitteisto siten, että saavutetaan hyvä siirtokapasiteetti langattomalla yhteydellä. Tämä saavutetaan tiedonsiirtomenetelmällä kahden 5 lähetinvastaanottimen välillä, käsittäen: käytetään ainakin toisessa lähetinvastaanottimessa useampaa kuin yhtä antennia signaalin lähetykseen ja vastaanottoon; jaetaan lähetettävät symbolit ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lohkoihin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysantennien lukumäärällä; lähetetään yksi lohko kutakin antennia 10 käyttäen; vastaanotetaan lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen; tarkistetaan toisessa vastaanottimessa vastaanotettiinko lohkot onnistuneesti; lähetetään kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle; ja mikäli lohkot vastaanotettiin epäonnistuneesti 15 talletetaan lohkot muistiin toisessa lähetinvastaanottimessa; lähetetään samat lohkot uudestaan ensimmäiseltä lähetinvastaanottimelta ennalta määrätyssä muodossa; vastaanotetaan uudelleen lähetetyt lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen ja yhdistetään muistissa olevien lohkojen kanssa, ja jossa menetelmässä ennalta määärätty muoto on 20 valittu siten, että ensin lähetetyt ja uudelleen lähetetyt lohkot muodostavat tila-aika-lohkokoodauksen.

Keksintö liittyy myös tiedonsiirtomenetelmään kahden lähetinvastaanottimen välillä, käsittäen: a) käytetään ainakin toisessa lähetinvastaanottimessa useampaa kuin yhtä antennia signaalin lähetykseen ja vastaanottoon; b) jaetaan lähetettävät symbolit ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lohkoihin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysantennien lukumäärällä; c) kerrotaan lohkot tila-aika-lohkokoodauksen kuvaavilla kertoimilla saaden ainakin kaksi lohkojoukkoa; d) lähetetään ensimmäinen lohkojoukko, käyttäen yhtä antennia kutakin lohkoa kohden; e) vastaanotetaan lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa 25 antennia käyttäen; f) tarkistetaan toisessa lähetinvastaanottimessa vastaanotettiinko lohkot onnistuneesti; g) lähetetään kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle; ja mikäli lohkot vastaanotettiin epäonnistuneesti, i) talletetaan lohkot muistiin toisessa lähetinvastaanottimessa; j) lähetetään 30 seuraavat tila-aika-lohkokoodatut lohkot ensimmäiseltä lähetinvastaanottimelta; k) vastaanotetaan uudelleen lähetetyt lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen ja suoritetaan tila- 35

aikadekoodaus uudelleenlähetytelle ja muistissa oleville lohkoille; ja mikäli ensin lähetetyt lohkot vastaanotettiin onnistuneesti, siirrytään kohtaan b).

Keksintö liittyy myös tiedonsiirtojärjestelmään, joka käsitteää ensimmäisen ja toisen lähetinvastaanottimen, ja joka edelleen käsitteää 5 väliset ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa jakaa lähetettävät symbolit lohkoihin, joiden lukumäärä on yhtä suuri kuin lähetysantennien lukumäärä; väliset ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lähetää yksi lohko kutakin antennia käyttäen; yhden tai useampia antenneja toisessa lähetinvastaanottimessa, joilla vastaanotetaan lohkot; väliset toisessa 10 lähetinvastaanottimessa tarkistaa vastaanotettuinko lohkot onnistuneesti; väliset toisessa lähetinvastaanottimessa lähetää kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle; väliset toisessa lähetinvastaanottimessa tallettaa lohkot muistiin; väliset ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa valita samoille lohkoille muoto siten, että yhdistettäessä ensin ja uudelleenlähetyt 15 lohkot keskenään yhdistettyjen lohkojen koodaus muodostaa tila-aika-lohkokoodauksen, väliset ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lähetää samat lohkot uudestaan, väliset toisessa lähetinvastaanottimessa yhdistää ensin ja uudelleenlähetyt lohkot keskenään.

Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on kuvattu epäitsenäisissä 20 patenttivaatimuksissa.

Keksintö perustuu siihen, että siinä uudella tavalla hyödynnetään sekä MIMO:a että tarpeen niin vaatiessa tila-aika lohkokoodausta. Keksinnön mukaisella ratkaisulla saavutetaan useita etuja. Siirtokapasiteetti saadaan hyväksi tuhlaamatta kaistaa tarpeettomasti. Tehokasta STBC-lähetystä 25 käytetään vain tarvittaessa, muulloin turvaudutaan hyvän siirtosuhteen antavaan MIMO-lähetykseen.

Keksinnön edullisessa toteutusmuodossa signaali jaetaan lohkoihin ja lähetetään useampaa kuin yhtä antennia käyttäen. Vastaanottimessa suoritetaan virheentarkistus ja täten havaitaan onnistuiko vastaanotto. Mikäli 30 vastaanotto onnistui, lähetetään positiivinen kuittaus lähettimelle, joka tällöin lähetää seuraavat lohkot. Jos vastaanotto epäonnistui, talletetaan lohkot muistiin ja lähetetään negatiivinen kuittaus. Tällöin lähetin koodaa samat lohkot uudelleenlähettäväksi siten, että vastaanottimessa, kun uudelleenlähetyt ja aiemmin epäonnistuneesti vastaanotetut lohkot 35 yhdistetään, ja yhdistettynä dekoodataan, saavutetaan suurempi diversiteetti

kuin alun perin lähetetyillä lohkoilla. Edullisesti tämä koodaus suoritetaan siten, että yhdistetyt lohkot muodostavat tila-aikalohkokoodatun signaalin.

Täten voidaan hyödyntää sekä MIMO:n että STBC:n parhaita puolia. Jos MIMO-kanavat ovat riittävän korreloimattomia, voidaan 5 vastaanottimessa ensimmäiset lohkot dekoodata onnistuneesti eikä uudelleenlähetyksiä tarvita. Tällöin saavutetaan parempi siirtokapasiteetti kuin puhtaassa STBC-lähetyksessä. Toisaalta, jos kanavat korreloivat liikaa, jolloin MIMO:sta ei saada riittävää hyötyä ja dekoodaus epäonnistuu, voidaan STBC-koodauksella saavuttaa hyvä signaalikohinasuhde, sillä STBC ei tarvitse 10 korreloimattomia kanavia.

Keksinnön edullisten toteutusmuotojen mukaisissa ratkaisuissa tiedonsiirto sopeutuu muuttuvaan kanavaan automaattisesti. Hyvän kanavan vallitessa siirtonopeus on suuri, koska kapasiteettia ei tuhlata diversiteettiin tarpeettomasti. Huonon kanavan vallitessa käytetään uudelleenlähetystä, 15 jossa käytetty koodaus mahdollistaa häiriösietoisen siirron diversiteetin kasvaessa verrattuna hyvän kanavan tilanteeseen.

### **Kuvioiden lyhyt selostus**

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

20 kuvio 1 havainnollistaa esimerkinä käytettävän tietoliikennejärjestelmän rakennetta,

kuvio 2 havainnollistaa tarkemmin esimerkinä käytettävän matkapuhelinjärjestelmän rakennetta,

kuvio 3 esittää esimerkkiä MIMO-muotoisesta tiedonsiirrosta,

25 kuvio 4 havainnollistaa eksinnön erään edullisen toteutusmuodon mukaista ratkaisua vuokaavion avulla,

kuviot 5a ja 5b havainnollistavat ST-koodausta ja

kuvio 6 esittää esimerkkiä lähetinvastaanottimien rakenteesta.

### **Keksinnön yksityiskohtainen selostus**

30 Esillä olevaa eksintöä voidaan käyttää erilaisissa radiojärjestelmissä, jossa päätelaitteilla on erilaisia radiotieominaisuuksia. Sinänsä ei ole merkitystä, mitä monikäyttömenetelmää järjestelmässä käytetään. Esimerkiksi WCDMA, OFDM sekä TDMA ovat mahdollisia monikäyttömenetelmiä. Edullisesti eksinnön edullisia toteutusmuotoja voidaan soveltaa 35 pakettikytkeisiä yhteyksiä käytettäessä. Eräitä mahdollisia järjestelmiä,

joissa keksinnön edullisten toteutusmuotojen mukaisia ratkaisuja voidaan käyttää, ovat UMTS ja EDGE.

Viitaten kuvioon 1 selostetaan esimerkinomaisesti UMTS-matkapuhelinjärjestelmän rakennetta, jota tässä käytetään esimerkkinä 5 järjestelmästä, jossa keksinnön edullisia toteutusmuotoja voidaan soveltaa. Esimerkiksi EDGE-järjestelmästä löytyvät oleellisin osin vastaavat toiminnot suorittavat verkkokomponentit, vaikkakin ehkä eri termeillä kutsuttuina kuin mitä ohessa selostetaan.

Matkapuhelinjärjestelmän pääosat ovat ydinverkko (core network)

10 CN, matkapuhelinjärjestelmän maanpäällinen radioliittymäverkko UTRAN (UMTS terrestrial radio access network) ja tilaajapäätelaite UE (user equipment). Ydinverkon CN ja radioliittymäverkon UTRAN välinen rajapinta on nimeltään lu, ja UTRAN:in ja UE:n välinen ilmarajapinta on nimeltään Uu.

Tilaajapäätelaite UE koostuu kahdesta osasta: Matkapuhelin ME

15 (Mobile Equipment) käsittää radioterminaalin, jota käytetään muodostamaan radioyhteys rajapinnan Uu yli. UMTS tilaajamoduli USIM (UMTS Subscriber Identity Module) on tilaajan henkilöllisyydestä tietoa käsittävä älykortti, joka tyypillisesti suorittaa tunnistusalgoritmeja, tallentaa salausparametrejä ja tilaajatietoja.

20 UTRAN muodostuu radioverkkoalijärjestelmistä RNS (radio network subsystem). RNS muodostuu radioverkkokontrollerista RNC (radio network controller) ja yhdestä tai useammasta B-solmusta (node B). B-solmu tarkoittaa käytännössä tukiasemaa. Radioverkkokontrolleri RNC hallinnoi radioresursseja siihen kytkeytäessä tukiasemilla.

25 Ydinverkko CN koostuu useasta osasta. Kotirekisteri HLR (Home Location Register) on tietokanta tilaajan kotijärjestelmässä, joka ylläpitää käyttäjän palveluprofiilia. Kotirekisteri ylläpitää myös tietoa käyttäjän sijainnista MSC:n tarkkuudella. Matkapuhelinkeskus MSC/VLR (Mobile Services Switching Centre / Visitor Location Register) on kytkin (MSC) ja tietokanta

30 (VLR) joka palvelee tilaajapäätelaitetta piirikytkentäisten (CS, Circuit Switched) palvelujen osalta. MSC kytkee piirikytkentäiset palvelut ja VLR ylläpitää tietoa käyttäjäprofiilista ja sijainnista. Porttimatkapuhelinkeskus Gateway MSC (GMSC) on puolestaan kytkin, joka yhdistää UMTS:n ulkopuolisiin palveluihin tai verkkoihin. Kaikki piirikytkentäiset yhteydet menevät GMSC:n kautta. SGSN

35 (Serving GPRS (General Packet Radio Service) Support Node) osan toiminnallisuus vastaa MSC/VLR:n toiminnallisuutta, mutta sen kautta kulkee

5 pakettikytkeyt (PS, Packet Switched) yhteydet. Vastaavasti GGSN (Gateway GPRS Support Node) vastaa toiminnallisesti GMSC:tä, mutta pakettikytkeytjen yhteyksien osalta. Ulkopuoliset verkot voidaan jakaa kahteen tyyppiin: piirikytkeytihin verkkoihin, joita ovat esimerkiksi olemassa 10 olevat puhelinverkot, sekä pakettikytkeytäisiin verkkoihin, kuten esimerkiksi Internet.

10 UMTS käsitteää useita määriteltyjä rajapintoja. Cu rajapinta on älykortin USIM ja matkapuhelimen ME välillä. Uu rajapinta on radiorajapinta päätelaitteen ja tukiaseman välillä. Ydinverkon CN ja radioliittymäverkon 15 UTRAN välinen rajapinta on lu. Radioverkkoalijärjestelmien RNS välinen rajapinta on nimeltään lsr. Tämä mahdollistaa pehmeiden kanavanvaihtojen suorittamisen eri valmistajilta peräisin olevien radioverkkokontrollerien välillä. Radioverkkokontrollerin RNC ja tukiaseman B välinen rajapinta on nimeltään lub.

20 15 Kuviossa 1 esitetty kuvaus on melko yleisellä tasolla, joten sitä selvennetään kuviossa 2 esitettylä tarkemmallä esimerkillä solukkoradiojärjestelmästä. Kuvio 2 sisältää vain oleellisimmat lohkot, mutta alan ammattimiehelle on selvää, että tavanomaiseen solukkoradioverkkoon sisältyy lisäksi muitakin toimintoja ja rakenteita, joiden tarkempi selittäminen ei tässä ole tarpeen. Huomattakoon myös, että kuviossa 2 on esitetty vain eräs 25 esimerkkirakenne. Keksinnön mukaisissa järjestelmissä saattavat yksityiskohdat poiketa kuviossa 2 esityistä, mutta keksinnön kannalta näillä eroilla ei ole merkitystä.

30 Solukkoradioverkko käsitteää siis tyypillisesti kiinteän verkon infrastruktuurin eli verkko-osan 200, ja tilaajapäätelaitteita 202, jotka voivat olla kiinteästi sijoitettuja, ajoneuvoon sijoitettuja tai kannettavia mukana pidettäviä päätelaitteita. Verkko-osassa 200 on tukiasemia 204. Tukiasema vastaa edellisen kuvion B-solmua. Useita tukiasemia 204 keskitetysti puolestaan ohjaa niihin yhteydessä oleva radioverkkokontrolleri 206. Tukiasemassa 204 on lähetinvastaanottimia 208 ja multiplekseriyksikkö 212.

35 Tukiasemassa 204 on edelleen ohjausyksikkö 210, joka ohjaa lähetinvastaanottimien 208 ja multiplekserin 212 toimintaa. Multiplekserillä 212 sijoitetaan useiden lähetinvastaanottimien 208 käyttämät liikenne- ja ohjauskanavat yhdelle siirtoyhteydelle 214. Siirtoyhteyks 214 muodostaa rajapinnan lub.

Tukiaseman 204 lähetinvastaanottimista 208 on yhteys antenniyksikköön 218, jolla toteutetaan kaksisuuntainen radioyhteyks 216

tilaajapäätelaitteeseen 202. Kaksisuuntaisessa radioyhteydessä 216 siirrettävien kehysten rakenne on järjestelmäkohtaisesti määritelty, ja sitä kutsutaan ilmarajapinnaksi Uu. Keksinnön edullisissa toteutusmuodoissa lähetetään ainakin osa signaalista käyttäen kolmea tai useampaa 5 lähetysantennia tai usean lähetysantennin avulla aikaansaatuja kolmea tai useampaa keilaa.

Radioverkkokontrolleri 206 käsitteää ryhmäkytkentäkentän 220 ja ohjausyksikön 222. Ryhmäkytkentäkenttää 220 käytetään puheen ja datan 10 kytkentään sekä yhdistämään signaaliointipiirejä. Tukiaseman 204 ja radioverkkokontrollerin 206 muodostamaan radioverkkojärjestelmään 232 kuuluu lisäksi transkooderi 224. Transkooderi 224 sijaitsee yleensä mahdollisimman lähellä matkapuhelinkeskusta 228, koska puhe voidaan tällöin siirtokapasiteettia säästääsiirtää solukkoradioverkon muodossa transkooderin 224 ja radioverkkokontrollerin 206 välillä.

15 Transkooderi 224 muuntaa yleisen puhelinverkon ja radiopuhelinverkon välillä käytettävät erilaiset puheen digitaaliset koodausmuodot toisilleen sopiviksi, esimerkiksi kiinteän verkon muodosta solukkoradioverkon johonkin muuhun muotoon ja päinvastoin. Ohjausyksikkö 222 suorittaa puhelunohjausta, liikkuvuuden hallintaa, tilastotietojen keräystä 20 ja signaaliointia.

Kuten kuviosta 2 nähdään, niin ryhmäkytkentäkentällä 220 voidaan suorittaa kytkentöjä sekä yleiseen puhelinverkkoon (PSTN = Public Switched Telephone Network) 236 matkapuhelinkeskukseen 228 ja porttimatkapuhelinkeskukseen 230 välityksellä että pakettisiirtoverkkoon 242.

25 Pakettisiirtoverkon 242 ja ryhmäkytkentäkentän 220 välisen yhteyden luo tukisolmu 240 (SGSN = Serving GPRS Support Node). Tukisolmun 240 tehtävänä on siirtää paketteja tukiasmajärjestelmän ja porttisolmun (GGSN = Gateway GPRS Support Node) 244 välillä, ja pitää kirjaan tilaajapäätelaitteen 202 sijainnista alueellaan.

30 Porttisolmu 244 yhdistää julkisen pakettisiirtoverkon 246 ja pakettisiirtoverkon 242. Rajapinnassa voidaan käyttää internet-protokollaa tai X.25-protokollaa. Porttisolmu 244 kätkee kapseloimalla pakettisiirtoverkon 242 sisäisen rakenteen julkiselta pakettisiirtoverkolta 246, joten pakettisiirtoverkko 242 näyttää julkisen pakettisiirtoverkon 246 kannalta aliverkolta, jossa olevalle 35 tilaajapäätelaitteelle 202 julkinen pakettisiirtoverkko voi osoittaa paketteja ja jolta voi vastaanottaa paketteja.

Pakettisiirtoverkko 242 on tyypillisesti yksityinen internet-protokollaa käyttävä verkko, joka kuljettaa signaalin ja tunneloitua käyttäjän dataa. Verkon 242 rakenne voi vaihdella operaattorikohtaisesti sekä arkkitehtuuriltaan että protokolliltaan internet-protokollakerroksen alapuolella.

5 Julkinen pakettisiirtoverkko 246 voi olla esimerkiksi maailmanlaajuinen Internet.

Tyypillisesti ilmarajapinnassa 216 pakettisiirtoon käytetään piirikytkentäisestä siirrosta vapaita aikavälejä. Pakettisiirtoon kapasiteetti varataan dynaamisesti, eli tiedonsiirtopyynnön tullessa mikä tahansa vapaa 10 kanava voidaan allokoida pakettisiirron käyttöön. Järjestely on luonteeltaan joustava, jolloin piirikytkentäisillä yhteyksillä on etusija pakettisiirtoyhteyksiin nähdien. Tarvittaessa piirikytkentäinen siirto kumoaa pakettikytkentäisen siirron, eli pakettisiirron käytössä oleva aikaväli annetaan piirikytkentäisen siirron käyttöön. Nämä voidaan menetellä, koska pakettisiirto sietää hyvin 15 tällaisia keskeytyksiä: siirtoa vain jatketaan toisella käyttöön allokoitavalla aikavälillä. Järjestely voidaan toteuttaa myös siten, ettei piirikytkentäiselle siirrolle anneta mitään ehdotonta prioriteettia, vaan sekä piirikytkentäiset että pakettikytkentäiset siirtopyynnöt palvelaan niiden tulojärjestyksessä. Esillä olevan keksinnön kannalta näillä järjestelyillä ei kuitenkaan ole merkitystä.

20 Tarkastellaan seuraavaksi hiukan tila-aikalohkokoodausta käytäen esimerkinä siis tapausta, jossa käytetään kahta lähetysantennia. Koodausta voidaan kuvata seuraavan yhtälön avulla:

$$y = \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \text{real}(x_1) \\ \text{real}(x_2) \\ \text{imag}(x_1) \\ \text{imag}(x_2) \end{pmatrix} \quad (1)$$

25 Tässä lähetettävät symbolit ovat  $x_1$  ja  $x_2$  ja  $\text{real}(x)$ - ja  $\text{imag}(x)$  - tarkoittavat  $x$ :n reaali- ja imaginääriosia. Matriisit  $A_i$  ja  $B_i$ ,  $i=1,2$  määrittävät tila-aikakoodauksen. Vektori  $y$  käsittää kahdella antennilla lähetettävät lähetystiset. Vastaanottimen näkemä signaali  $z$  voidaan kirjoittaa muotoon

30  $z = (H_1 \ H_2) * y$

ja useampien antennien signaalit yhdistetään. Tässä  $H_1$  ja  $H_2$  ovat kuvaavat siirtokanavaa. Tässä voidaan huomata, että jos matriisit  $A_i$  ja  $B_i$  ovat yksikkömatriiseja, kyseessä on lähetys kahden antennin kautta ilman koodausta. Jos matriisit  $A_2$  ja  $B_2$  ovat matriiseja, joiden päädiaagonaalilla on

nollia, mutta joillain muilla diagonaaleilla ykkösiä, niin tällöin saadaan viivediversiteetti.

On osoitettu (esimerkiksi aiemmin mainitussa viitteessä Tarokh, V. et al), että täysi diversiteetti saavutetaan, mikäli matriisit  $A_i$  ja  $B_i$  täyttävät

5 seuraavat ehdot:

$$\begin{aligned} A_i A_k^* &= -A_k A_i^* \text{ ja } B_i B_k^* = -B_k B_i^* \\ A_i A_i^* &= I \text{ ja } B_i B_i^* = I \\ A_i B_k^* &= B_k A_i^* \end{aligned} \quad (2)$$

missä  $i, j$  ja  $k$  merkitsevät mahdollisia eri indeksejä.

10 Tarkastellaan kuvioita 3, jossa havainnollistetaan esimerkkiä MIMO-tiedonsiirrosta. Kuviossa on esitetty lähetin 300, joka voi olla esimerkiksi radiojärjestelmän tukiasema. Lähetin käsittää kaksi antennia 302a, 302b signaalin lähetystä varten. Antenneille lähetettävä signaali tulee lähetinysiköiltä 304a, 304b. Vastaanotin 306 voi olla esimerkiksi 15 radiojärjestelmän päätelaite. Vastaanotin käsittää kaksi antennia 308a, 308b signaalin vastaanottoa varten. Lähettimen 300 antennelta 302a, 302b lähetettämä signaali etenee ainakin neljää eri reittiä 314a, 314b, 316a, 316b vastaanottimen antennelle 308a, 308b. Näiden reittien kanavamallia voidaan merkitä termeillä  $h_{11}, h_{12}, h_{21}$  ja  $h_{22}$ . Vastaanotin käsittää edelleen 20 ekvalisaattorin 312, jossa eri antennilla vastaanotetut symbolit yhdistetään ja dekoodataan.

Jatkossa keksinnön edullisia toteutusmuotoja kuvataan tapauksessa, jossa radiotien kummassakin päässä olevilla lähetinvastaanottimilla on kaksi antennia käytössään. Tämä on toki vain 25 esimerkkitapaus, ja antennuja voi olla muukin määrä. Keksinnön kannalta on tarpeen ainoastaan, että toinen lähetinvastaanotin, edullisesti signaalia lähetettävä lähetinvastaanotin, käsittää kaksi antennia. Tukiasemalaitteiston yhteyteen on helppo toteuttaa antenniryhmä, mutta päätelaite on helpompi toteuttaa yhdellä antennilla, tai korkeintaan kahdella antennilla.

30 Keksinnön edullisissa toteutusmuodoissa hyödynnetään ns inkrementaalista redundanssia, joka on suunniteltu otettavaksi käyttöön EDGE-järjestelmässä. Pakettisiirrossa tyypillisesti ensimmäinen lähetinvastaanotin lähetää paketteja toiselle lähetinvastaanottimelle. Lähetettävälle paketille suoritetaan ensin konvoluutiokoodaus ja koodatut bitit 35 jaetaan esimerkiksi kolmeen osaan lohkoon. Ensimmäinen lähetinvastaanotin lähetää aluksi vain ensimmäisen lohkon toiselle lähetinvastaanottimelle.

Ensimmäinen lohko käsittää bitit, joiden avulla koko paketin sisältö on mahdollista dekoodauksessa saada selville, jos signaalikohinasuhde on riittävän hyvä.

Toinen lähetinvastaanotin tarkistaa, vastaanotettiinko lohko

5 onnistuneesti, ja lähetää tällöin joko positiivisen (ACK) tai negatiivisen (NACK) kuitauksen lähetäjälle. Onnistuneen vastaanoton tapahtuessa paketti voidaan viedä edelleen käsittelyväksi. Epäonnistuneen vastaanoton jälkeen epäonnistuneesti vastaanotettu lohko talletetaan muistiin väliaikaisesti. Negatiivisen kuitauksen saatuaan ensimmäinen lähetinvastaanotin lähetää 10 paketin toisen lohkon. Tällöin toinen lähetinvastaanotin yhdistää molemmat paketit keskenään. Tällöin saadaan dekoodaukseen vahvempi koodaus kuin ensimmäisen lohkon yhteydessä. Mikäli dekoodaus vieläkin epäonnistuu, pyydetään ensimmäistä lähetinvastaanotinta edelleen lähetämään seuraava lohko.

15 Tarkastellaan keksinnön erään edullisen toteutusmuodon mukaista ratkaisua kuvion 4 vuokaavion avulla. Lähetettävä informaatiopaketti koodataan ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa ja jaetaan eri lohkoihin vaiheessa 400, kuten aiemmin on kuvattu. Vaiheessa 402 lähetettävä lohko jaetaan erillisiin purskeisiin. Purskeiden lukumäärä on jaollinen lähetysessä 20 käytettävien antennien lukumäärällä, joka olkoon  $n_T$ . Seuraavaksi, vaiheessa 404, purskeet jaetaan  $n_T$  ryhmään, jotka kerrotaan vaiheessa 406 matriiseilla  $A_1$  ja  $B_1$  kaavan (1) mukaisesti. Ryhmät lähetetään kukaan omasta antennistaan vaiheessa 408.

Vaiheessa 410 toinen lähetinvastaanotin vastaanottaa purskeet ja 25 vaiheessa 412 tarkastaa, onnistuiko vastaanotto. Mikäli vastaanotto onnistui, lähetää toinen lähetinvastaanotin positiivisen kuitauksen ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle vaiheessa 414.

Tässä on huomattava, että useita ryhmiä saatetaan lähetää ennen kuitauksen lähetämistä.

30 Mikäli vastaanotto epäonnistui, toinen lähetinvastaanotin tallettaa purskeet väliaikaisesti muistiin vaiheessa 416 ja lähetää negatiivisen kuitauksen ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle vaiheessa 418. Seuraavaksi, vaiheessa 420, samat  $n_T$  pursketta kerrotaan matriiseilla  $A_2$  ja  $B_2$  kaavan (1) mukaisesti. Ryhmät lähetetään vaiheessa 422.

35 Vaiheessa 424 toinen lähetinvastaanotin vastaanottaa purskeet ja vaiheessa 426 lukee talletetut purskeet muistista ja suorittaa tila-

aikadekoodauksen. Vaiheessa 428 toinen lähetinvastaanotin tarkastaa onnistuiko vastaanotto. Mikäli vastaanotto onnistui, lähettilä toinen lähetinvastaanotin positiivisen kuitauksen ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle vaiheessa 430.

5 Mikäli vastaanotto epäonnistui, lähettilä toinen lähetinvastaanotin negatiivisen kuitauksen ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle vaiheessa 432. Seuraavaksi siirtyää 434 lähetämään samat purskeet uudelleen vaiheen 404 mukaisesti.

10 Kun kaikki ryhmät on lähetetty kerrottuina matriiseilla **A** ja **B** voidaan siirtyä lähetämään vaiheen 400 toista lohkoa ja jatkaa proseduuria, kunnes koko datapaketti on onnistuneesti lähetetty.

15 Keksinnön eräässä edullisessa toteutusmuodossa vaiheiden 406 ja 420 matriisikertolaskut suoritetaan molemmat vaiheen 406 yhteydessä, ja tällöin uudelleenlähetystä varten kerrotut lohkot pidetään muistissa mahdolliseen vaiheeseen 420 asti.

20 Edellä kuvatusti keksinnön edullisissa toteutusmuodoissa hyödynnettävä tila-aikalohkokoodaus poikkeaa alkuperäisestä tila-aikalohkokoodauksesta siten, että siirtokanava on saattanut muuttua lähetysten ja uudelleenlähetysten välillä. Tapaiksessa, jossa on kaksi lähetysantennia ja yksi vastaanottoantenni, kaavan (1) matriisit  $H_1$  ja  $H_2$  korvautuvat neljällä matriisilla  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{21}$ ,  $H_{22}$ . Kaava (1) tulee muotoon:

$$z = \begin{pmatrix} H_{11} & 0 & H_{21} & 0 \\ 0 & H_{12} & 0 & H_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \text{real}(x_1) \\ \text{real}(x_2) \\ \text{imag}(x_1) \\ \text{imag}(x_2) \end{pmatrix} \quad (3)$$

25 Tapaiksessa, jossa on kaksi lähetysantennia ja kaksi vastaanottoantennia, kaavan (1) matriisit  $H_1$  ja  $H_2$  korvautuvat kahdeksalla matriisilla  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{21}$ ,  $H_{22}$ ,  $H_{31}$ ,  $H_{32}$ ,  $H_{41}$ ,  $H_{42}$ . Kaava (1) tulee nyt muotoon:

$$z = \begin{pmatrix} H_{11} & 0 & H_{21} & 0 \\ 0 & H_{12} & 0 & H_{22} \\ H_{31} & 0 & H_{41} & 0 \\ 0 & H_{32} & 0 & H_{42} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \text{real}(x_1) \\ \text{real}(x_2) \\ \text{imag}(x_1) \\ \text{imag}(x_2) \end{pmatrix} \quad (4)$$

30 Kaavan (3) esimerkkiä havainnollistaa kuva 5a. Kuvion esimerkissä on kaksi lähetysantennia 500, 502, ja yksi vastaanottoantenni 504. Antennien

välillä on kaksi siirtoreittiä, 508 ja 510. Antennista 500 antenniin 504 siirtoreitillä 508 lähetetään ensin ensimmäinen ryhmä kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{11}$ . Samalla ajan hetkellä lähetetään antennista 502 toinen ryhmä reittiä 510 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty 5 kanavakertoimella  $H_{21}$ . Uudelleenlähetyksen tapahtuessa, antennista 500 lähetetään ensimmäinen ryhmä uudestaan, eri matriiseilla kerrottuna kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{12}$ . Samalla ajan hetkellä lähetetään antennista 502 toinen uudestaan ryhmä eri matriiseilla kerrottuna reittiä 510 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty kanavakertoimella  $H_{22}$ .

10 Kaavan (4) esimerkkiä havainnollistaa kuvio 5b. Kuvion esimerkissä on kaksi lähetysantennia 500, 502, ja kaksi vastaanottoantennia 504, 508. Antennien välillä on neljä siirtoreittiä, 508 - 514. Antennista 500 lähetetään ensin ensimmäinen ryhmä. Antenni 504 vastaanottaa ryhmän siirtoreitiltä 508 kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{11}$ . Samalla vastaanottaa antenni 506 ryhmän siirtoreitillä 512 kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{31}$ . Samalla ajan hetkellä lähetetään antennista 502 toinen ryhmä. Antenni 506 vastaanottaa ryhmän reittiä 510 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty kanavakertoimella  $H_{21}$ . Samalla antenni 504 vastaanottaa saman ryhmän reittiä 514 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty 15 kanavakertoimella  $H_{41}$ .

20 Mikäli on tarve uudelleenlähetykselle, niin antennista 500 lähetetään ensimmäinen ryhmä uudestaan, eri matriiseilla kerrottuna. Antenni 504 vastaanottaa ryhmän siirtoreitiltä 508 kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{12}$ . Samalla vastaanottaa antenni 506 ryhmän siirtoreitillä 25 512 kanavan ollessa tällöin määritelty kanavakertoimella  $H_{32}$ . Samalla ajan hetkellä lähetetään antennista 502 toinen uudestaan ryhmä eri matriiseilla kerrottuna. Antenni 506 vastaanottaa ryhmän reittiä 510 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty kanavakertoimella  $H_{22}$ . Samalla antenni 504 vastaanottaa saman ryhmän reittiä 514 pitkin siirtokanavan ollessa määritelty 30 kanavakertoimella  $H_{42}$ .

35 Keksinnön edullisia toteutusmuotoja voidaan siis soveltaa riippumatta siitä, onko vastaanottavia antenneja yksi tai useampia. Jos antenneja on kaksi, MIMO-lähetyksessä mahdollistaa suuren siirtonopeuden hyvän signaalikohinasuhteen vallitessa. Toisaalta, huonolla signaalikohinasuhteella uudelleenlähetyksessä käytetty koodaus mahdollistaa häiriösietoisen siirron.

Aiemmin mainituissa kaavoissa (1, 3 ja 4) esitetyt matriisit **A** ja **B** voidaan valita siten, että ne täyttävät kaavassa (2) esitetyt ehdot. Tämä valinta voidaan tehdä tila-aikalohkokoodauksen tunnettujen periaatteiden mukaisesti, joita on selostettu tarkemmin esimerkiksi aiemmin mainitussa viitteessä

5 Tarokh, V. et al, ja valintaa ei tässä yhteydessä ole tarve tarkemmin selostaa. Kuten aiemmin on mainittu, keksinnön edullisissa toteutusmuodoissa hyödynnettävä tila-aikalohkokoodaus poikkeaa alkuperäisestä tila-aikalohkokoodauksesta siten, että siirtokanava on saattanut muuttua lähetysten ja uudelleenlähetysten välillä. Tästä syystä erityisesti taajuushyppelyä 10 käytettäessä matriisien **A** ja **B** ei ole välttämättä täytettävä kaikkia kaavassa (2) mainittuja ehtoja, jotta saataisiin toimiva systeemi. Kuitenkin, tilanteessa jossa kanavat korreloivat voimakkaasti, oikea STBC-koodaus antaa hyvän tuloksen.

Tarkastellaan esimerkinomaisesti vielä erästä toista esimerkkiä tila-aikalohkokoodauksesta, jossa käytössä on kaksi lähetysantennia. Oletetaan, että lähetetään symbolit ryhmitellään kaksi symbolia käsittäviin lohkoihin,  $s_1$  ja  $s_2$ . Tässä toteutusvaihtoehdossa lähetetään samat lohkot tarvittaessa uudestaan ensimmäiseltä lähetinvastaanottimelta ennalta määritetyssä muodossa, jolla aikaansaadaan tila-aika-lohkokoodaus. Koodauksen määrittää 20  $2 \times 2$ -matriisi:

$$(s_1, s_2) \Rightarrow \begin{pmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{pmatrix} \quad (5)$$

Keksinnön eräässä edullisessa toteutusmuodossa lähetetään aluksi 25 symbolit sellaisenaan eli  $s_1$  ja  $s_2$  kukaan omasta antennistaan. Mikäli vastaanotto onnistui, lähetetään seuraavat symbolit. Mikäli vastaanotto epäonnistui, suoritetaan uudelleenlähetys. Nyt lähetetään  $2 \times 2$  matriisin mukaisesti samat symbolit muodossa  $-s_2^*$  ja  $s_1^*$ . Vastaanottimessa voidaan nyt suorittaa tila-aikadekoodaus, koska yhdistämällä ensin lähetetyt ja 30 uudelleenlähetetyt symbolit saadaan tila-aikalohkokoodattu symbolijoukko.

Uudelleenlähetysessä lähetetään siis samat lohkot kuin alkuperäisessä lähetysessä, mutta eri muodossa, joka muoto on valittu siten, että vastaanotossa voidaan hyödyntää tila-aika-lohkoodin ominaisuuksia. Tämä muoto voidaan aikaansaada joko matriisikertolaskulla, kertoimilla 35 kertomalla tai jollain muulla sopivalla laskutoimituksella tai muunnoksella.

Tarkastellaan seuraavaksi esimerkkejä edullisten toteutusmuotojen mukaisista lähetinvastaanottimista kuvion 6 avulla. Kuviossa on esitetty ensimmäinen lähetinvastaanotin 600 ja toinen lähetinvastaanotin keksinnön kannalta oleellisin osin. Lähetinvastaanottimet käsittevät myös muitakin

5 komponentteja, kuten alan ammattimiehelle on selvää, mutta niitä ei ole tässä yhteydessä kuvattu. Ensimmäinen lähetinvastaanotin käsitteää tila-  
10 aikalohkokooderin 604, johon sisäänmenona tulee lähetettävä signaali 608. ST-kooderissa signaali koodataan ja jaetaan eri lohkoihin. Lohkot puolestaan jaetaan erillisin purskeisiin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysessä  
15 käytettävien antennien lukumäärällä, joka tässä esimerkkilähetinvastaanottimessa on 2. Purskeet jaetaan ST-kooderissa kahteen ryhmään, jotka kerrotaan matriiseilla **A**<sub>1</sub> ja **B**<sub>1</sub>. Kerrotut purskeet viedään radiotaajuusosille 610, joissa ne vahvistetaan, siirretään radiotaajuudelle ja lähetetään antennien 612 ja 614 avulla. Ohjauslohko 616 ohjaa ensimmäisen lähetinvastaanottimen  
20 eri osien toimintaa. ST-kooderi 604, samoin kuin ohjauslohko, voidaan toteuttaa esimerkiksi prosessorilla ja sopivalla ohjelmistolla, tai erillisillä komponenteilla tai prosessorin ja komponenttien yhdistelmällä ja sopivalla ohjelmistolla. Radiotaajuusosat 610 voidaan toteuttaa tunnetun tekniikan mukaisesti.

20 Ensimmäinen lähetinvastaanotin käsitteää edelleen vastaanotinosat 618 sekä vastaanottoantennin 620. Käytännön vastaanottimessa lähetys- ja vastaanottoantennit ovat yleensä samat.

Toinen lähetinvastaanotin 602 käsitteää tässä esimerkissä kaksi vastaanottoantennia 622, 624, joilla lähetetyt purskeet vastaanotetaan sekä 25 vastaavat radiotaajuusosat 626, 628, joille antennilla vastaanotetut purskeet viedään, ja jossa ne muunnetaan väli- tai kantataajuudelle. Radiotaajuusosilta vastaanotettu signaali viedään esisuodattimille 630, jossa signaalit eri antennilla lähetetyt erotetaan toisistaan. Tämä voi tapahtua monella alan ammattimiehelle tunnetulla tavalla. Eräs tapa on häiriönpoistomenetelmä, 30 jossa vastaanotetaan haluttua signaalia ja kohdellaan muita signaaleja häiriöinä. Esiisuodattimissa yritetään poistaa häiriötä ja lyhentää halutun signaalin impulsivastetta.

35 Väliisuodattimilta signaalit viedään ekvalisaattoreille 632, 634, jossa suoritetaan signaalia edelleen taajuuskorjataan esimerkiksi viivästetynä päättäkaisinkytelyllä estimaattorilla (DDFSE, delayed decision feedback sequence estimator) ja tämän kanssa sarjaankytelyllä MAP (maximum a

posteriori probability) estimaattorilla. Taajuuskorjaus ja esisuodatus voi perustua esimerkiksi pienimmän neliösummavirheen päättöstakaisinkytettyn korjaimeen (minimum mean-square error decision feedback equalisation, DFE). Ekvalisaattorilta signaali viedään kanavadekoodereille 636, 638.

5 Ohjauslohko 640 ohjaa toisen lähetinvastaanottimen eri osien toimintaa. Ekvalisaattorit 632, 634, samoin kuin ohjauslohko, voidaan toteuttaa esimerkiksi prosessorilla ja sopivalla ohjelmistolla, tai erillisillä komponenteilla tai prosessorin ja komponenttien yhdistelmällä ja sopivalla ohjelmistolla. Radiotaajuusosat 626, 628 ja kanavadekooderit 636, 638 voidaan toteuttaa 10 tunnetun tekniikan mukaisesti.

Toinen lähetinvastaanotin käsitteää edelleen lähetinosat 642 sekä vastaanottoantennin 644. Käytännön vastaanottimessa lähetys- ja vastaanottoantennit ovat yleensä samat.

Toisessa lähetinvastaanottimessa kanavadekooderit yrittävät 15 dekoodata vastaanotetut purskeet, ja mikäli tämä ei onnistu, lähetetään lähetinvälineillä 642 ja -antennilla 644 negatiivinen kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle. Epäonnistuneesti vastaanotetut purskeet talletetaan väliaikaisesti muistiin 646.

Ensimmäinen lähetinvastaanotin vastaanottaa kuitauksen 20 antennilla 620 ja vastaanotinosilla 618, ja ohjausvälineet 616 ohjaavat ST-kooderia kertomaan samat  $n_T$  pursketta matriiseilla  $\mathbf{A}_2$  ja  $\mathbf{B}_2$ , ja suorittamaan uudelleenlähetyn.

Toisessa lähetinvastaanottimessa kanavadekooderit 636, 638 saavat uudelleenlähetetyt ja vastaanotetut purskeet ekvalisaattoreilta ja 25 aiemmin vastaanotetut purskeet muistista 646. Kanavadekooderissa suoritetaan näille purskeille tila-aikalohkodekoodaus alan ammattimiehelle tunnetuilla menetelmillä.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viittaten oheisten piirustusten 30 mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Tiedonsiirtomenetelmä kahden lähetinvastaanottimen välillä, käsittäen:

5 käytetään ainakin toisessa lähetinvastaanottimessa useampaa kuin yhtä antennia signaalin lähetykseen ja vastaanottoon;

10 jaetaan lähetettävät symbolit ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lohkoihin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysantennien lukumäärällä;

15 lähetetään yksi lohko kutakin antennia käyttäen; vastaanotetaan lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen;

20 tarkistetaan toisessa lähetinvastaanottimessa vastaanotettuinko lohkot onnistuneesti;

25 lähetetään kuitaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle; ja mikäli lohkot vastaanotettiin epäonnistuneesti talletetaan lohkot muistiin toisessa lähetinvastaanottimessa; lähetetään samat lohkot uudestaan ensimmäiseltä lähetinvastaanottimelta ennalta määrätystä muodossa;

30 vastaanotetaan uudelleenlähetetyt lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen ja yhdistetään muistissa olevien lohkojen kanssa,

35 ja jossa menetelmässä ennalta määrätty muoto on valittu siten, että ensin lähetetyt ja uudelleenlähetetyt lohkot muodostavat tila-aika-lohkokoodauksen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa kukaan ensin lähetettävä lohko kerrotaan ennalta määrättyllä matriisilla ennen lähetystä.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa yhdistetylle lohkoille suoritetaan tila-aika-lohkodekoodaus.

4. Tiedonsiirtomenetelmä kahden lähetinvastaanottimen välillä, käsittäen:

35 a) käytetään ainakin toisessa lähetinvastaanottimessa useampaa kuin yhtä antennia signaalin lähetykseen ja vastaanottoon;

35 b) jaetaan lähetettävät symbolit ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lohkoihin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysantennien lukumäärällä;

c) kerrotaan lohkot tila-aika-lohkokoodauksen kuvaavilla kertoimilla saaden ainakin kaksi lohkojoukkoa;

d) lähetetään ensimmäinen lohkojoukko, käyttäen yhtä antennia kutakin lohkoa kohden;

5 e) vastaanotetaan lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen;

f) tarkistetaan toisessa lähetinvastaanottimessa vastaanotettiinko lohkot onnistuneesti;

10 g) lähetetään kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle; ja mikäli lohkot vastaanotettiin epäonnistuneesti,

i) talletetaan lohkot muistiin toisessa lähetinvastaanottimessa;

j) lähetetään seuraavat tila-aika-lohkokoodatut lohkot ensimmäiseltä lähetinvastaanottimelta;

15 k) vastaanotetaan uudelleenlähetetyt lohkot toisessa lähetinvastaanottimessa yhtä tai useampaa antennia käyttäen ja suoritetaan tila-aikadekoodaus uudelleenlähetetylle ja muistissa oleville lohkoille;

ja mikäli ensin lähetetyt lohkot vastaanotettiin onnistuneesti, siirrytään kohtaan b).

20 5. Tiedonsiirtojärjestelmä, joka käsittää ensimmäisen ja toisen lähetinvastaanottimen, ja joka edelleen käsittää

välaineet ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa jakaa lähetettävät symbolit lohkoihin, joiden lukumäärä on yhtä suuri kuin lähetysantennien lukumäärä;

25 välaineet ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lähetää yksi lohko kutakin antennia käyttäen;

yhden tai useampia antenneja toisessa lähetinvastaanottimessa, joilla vastaanotetaan lohkot;

välaineet toisessa lähetinvastaanottimessa tarkistaa vastaanotettiinko lohkot onnistuneesti;

30 välaineet toisessa lähetinvastaanottimessa lähetää kuittaus ensimmäiselle lähetinvastaanottimelle;

välaineet toisessa lähetinvastaanottimessa tallettaa lohkot muistiin;

välaineet ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa valita samoille lohkoille muoto siten, että yhdistettäessä ensin ja uudelleenlähetetyt lohkot

35 keskenään yhdistettyjen lohkojen koodaus muodostaa tila-aika-lohkokoodauksen,

väliset ensimmäisessä lähetinvastaanottimessa lähetää samat lohkot uudestaan

väliset toisessa lähetinvastaanottimessa yhdistää ensin ja uudelleenlähetetyt lohkot keskenään.

5 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa ensimmäinen lähetinvastaanotin käsittää väliset suorittaa lähetettäville lohkoille tila-aikalohkokoodaus.

10 7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa toinen lähetinvastaanotin käsittää väliset suorittaa uudelleenlähetystä vastaanotetuille ja muistista luetuille lohkoille tila-aikalohkodenkoodaus.

15 8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa ensimmäinen ja toinen lähetinvastaanotin ovat solukkoradiojärjestelmän lähetinvastaanottimia.

15 9. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa tiedonsiirtojärjestelmä on EDGE.

10 10. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa tiedonsiirtojärjestelmä on sovitettu käytämään monikäyttömenetelmänä TDMA:ta.

20 11. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa tiedonsiirtojärjestelmä on sovitettu käytämään monikäyttömenetelmänä CDMA:ta.

12. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa tiedonsiirtojärjestelmä on sovitettu käytämään monikäyttömenetelmänä OFDM:ta.

### **(57) Tiivistelmä**

Keksinnön kohteena on tiedonsiirtomenetelmä kahden lähetinvastaanottimen välillä, jossa: jaetaan lähetettävät symbolit lohkoihin, joiden lukumäärä on jaollinen lähetysantennien lukumäärällä; lähetetään yksi lohko kutakin antennia käyttäen; vastaanotetaan lohkot yhtä tai useampaa antennia käyttäen; tarkistetaan vastaanotteliinko lohkot onnistuneesti; ja mikäli lohkot vastaanotettiin epäonnistuneesti talletetaan vastaanotetut lohkot muistiin, lähetetään samat lohkot uudestaan ennalta määritetyssä muodossa; vastaanotetaan uudelleen lähetetyt lohkot ja yhdistetään muistissa olevien lohkojen kanssa, ja jossa menetelmässä ennalta määritetty muoto on valittu siten, että ensin lähetetyt ja uudelleen lähetetyt lohkot muodostavat tila-aika-lohko-koodauksen.

**(Kuvio 3)**